

Confronto tra prestazione energetica invernale ed estiva negli edifici ad elevato isolamento termico

Original

Confronto tra prestazione energetica invernale ed estiva negli edifici ad elevato isolamento termico / Murano, Giovanni; Ballarini, Ilaria; Dirutigliano, Domenico; Primo, Elisa; Corrado, Vincenzo. - In: LA TERMOTECNICA. - ISSN 0040-3725. - STAMPA. - 1:gennaio-febbraio 2018(2018), pp. 42-47.

Availability:

This version is available at: 11583/2709814 since: 2018-06-20T00:14:22Z

Publisher:

EIOM

Published

DOI:

Terms of use:

openAccess

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

Confronto tra prestazione energetica invernale ed estiva negli edifici ad elevato isolamento termico

I requisiti di prestazione energetica degli edifici ad energia quasi zero indirizzano verso edifici sempre più isolati termicamente. Ne deriva un minore fabbisogno termico per riscaldamento, ma allo stesso tempo un incremento del fabbisogno per raffrescamento. Lo studio esamina varie tipologie edilizie e zone climatiche e approfondisce gli effetti di un aumento progressivo del livello di isolamento termico dei componenti di involucro sulla prestazione energetica invernale ed estiva degli edifici.

COMPARISON BETWEEN ENERGY PERFORMANCE FOR HEATING AND COOLING OF HIGHLY INSULATED BUILDINGS

In accordance with the energy performance requirements for nearly zero-energy buildings, the U-values of the building envelope are gradually becoming more and more restrictive, thus leading to highly insulated buildings. However, despite higher thermal insulation of building components reduces the energy need for heating, it may cause an increase of energy need for cooling. In this article, the effects of a thermal insulation increase on building energy needs are studied for different building types and climatic zones.

INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni gli Stati membri europei hanno attuato numerose politiche energetiche, volte a ridurre il consumo di energia e le emissioni di CO₂ degli edifici. Il recepimento della direttiva 2010/31/UE ha migliorato significativamente l'efficienza energetica degli edifici, sia nelle nuove costruzioni sia nell'adeguamento degli edifici esistenti, ma sono ancora molte le potenzialità di risparmio energetico e di sostenibilità in ambito edilizio. Infatti il 40% degli usi finali di energia nell'Unione Europea è rappresentato dagli edifici e il 75% di essi risulta ancora inefficiente sotto il profilo energetico [1]. Nei prossimi anni quindi la riqualificazione del patrimonio edilizio in edifici ad energia quasi zero (nZEB) rivestirà un ruolo di primo piano. A livello europeo si attende a breve un aggiornamento della Direttiva 2010/31/UE con l'integrazione di strategie di ristrutturazione degli edifici a lungo termine, l'uso di tecnologie intelligenti in campo edilizio e la semplificazione delle norme vigenti per raggiungere gli obiettivi di efficienza energetica e di contenimento dei cambiamenti climatici. A livello nazionale, il D.M. 26/06/2015 [2] fissa per gli edifici ad energia quasi zero la verifica di alcuni requisiti minimi di prestazione energetica, ricorrendo all'approccio dell'edificio di riferimento [3]. Si tratta di un edificio identico a quello oggetto di studio per geometria, orientamento, ubicazione geografica, destinazione d'uso e tipologia di impianto, avente però caratteristiche termiche ed energetiche predeterminate dal decreto. Con l'obiettivo di migliorare in primo luogo le prestazioni energetiche del fabbricato, il decreto prevede la verifica dell'indice di prestazione termica utile per riscaldamento e per raffrescamento. A tal fine, essendo la trasmittanza termica il principale parametro per descrivere la qualità dell'involucro, il decreto prescrive valori limite di trasmittanza termica dell'involucro dell'edificio di riferimento gradualmente più restrittivi secondo due fasi di applicazione: (1) dal 1° luglio 2015 per tutti gli edifici, e (2) dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici ed a uso pubblico e dal

1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici. Nello specifico, la seconda fase si riferisce agli edifici ad energia quasi zero. La prestazione energetica (EP) dell'edificio di riferimento rappresenta il requisito energetico limite dell'edificio in fase di progettazione.

La riduzione dei valori di trasmittanza termica determina la diminuzione del fabbisogno di energia termica del fabbricato per la climatizzazione invernale; al contrario, l'elevato livello di isolamento termico causa di solito un fabbisogno maggiore di energia termica per la climatizzazione estiva e, se non associato ad altre tecnologie, può contribuire al surriscaldamento degli ambienti interni soprattutto nei climi più caldi.

Queste affermazioni sono avvalorate dai risultati di diversi studi; ad esempio, in Pathan et al. [4] è stato applicato il metodo adattativo di comfort termico ed è stato dimostrato che, nel contesto attuale, le abitazioni corrono un rischio significativo di surriscaldamento; in Chvatal et al. [5] è stato osservato che per gli edifici residenziali con scarsa ventilazione e apporti solari elevati, nella stagione estiva l'aumento dello spessore dell'isolamento termico comporta un maggiore discomfort e conseguentemente un maggiore consumo di energia.

In letteratura, diversi autori hanno confrontato varie soluzioni costruttive valutando l'influenza delle proprietà termofisiche dell'involucro opaco sulle prestazioni energetiche degli edifici [6], [7], [8], evidenziando anche il ruolo dell'inerzia termica. Come riportato da Bojic et al. [9], la differenza tra i fabbisogni di energia per il riscaldamento utilizzando come involucro opaco una parete a bassa inerzia ed un'altra parete con inerzia più alta può raggiungere circa il 10%, parallelamente i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva possono differire di circa il 20%.

A partire da tali evidenze, la presente ricerca approfondisce in quali condizioni riducendo gradualmente i valori della trasmittanza termica dell'edificio di riferimento sino ai limiti del 2019/21 si verifichi uno sbilanciamento tra i fabbisogni di energia termica utile per riscalda-

mento e raffrescamento.

Nell'articolo sono analizzate soluzioni tecniche per gli edifici ad energia quasi zero conformi ai requisiti di legge. L'analisi è eseguita in due diverse località climatiche italiane (Milano e Palermo) per diverse categorie edilizie.

Nonostante il D.M. 26/06/2015 richieda che il calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio sia svolto mediante il metodo quasi-stazionario (UNI/TS 11300), nel presente lavoro è stata applicata una simulazione dinamica dettagliata in quanto, rispetto al metodo quasi-stazionario, riesce a descrivere meglio il comportamento termico reale dell'edificio e fornisce risultati più rappresentativi.

REQUISITI MINIMI DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Il D.M. 26/06/2015 prevede la verifica degli indici di prestazione termica utile per riscaldamento e per raffrescamento ($EP_{H,nd}$ e $EP_{C,nd}$), calcolati attraverso l'approccio dell'edificio di riferimento. Ulteriori parametri da verificare riguardano la qualità termica dell'involucro dell'edificio e le prestazioni degli impianti tecnici. Essi non sono trattati in questo documento ma sono già stati analizzati in altri lavori degli autori [10].

Per quanto riguarda le prestazioni energetiche estive dell'edificio, al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e contenere la temperatura interna degli ambienti (e conseguentemente i carichi termici di picco), il D.M. 26/06/2015 richiede: (1) di valutare puntualmente l'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate tali da ridurre l'apporto di calore per irraggiamento solare, (2) per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza solare sul piano orizzontale, $I_{m,s}$, sia maggiore o uguale a 290 W m^{-2} , almeno una delle seguenti verifiche:

- per le pareti verticali opache, con l'eccezione di quelle comprese nel quadrante nord-ovest / nord / nord-est, la massa superficiale $M_s > 230 \text{ kg m}^{-2}$ o il modulo della trasmittanza termica periodica $|Y_{ie}| < 0,10 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ [11],
- per tutte le pareti opache orizzontali e inclinate, il modulo della trasmittanza termica periodica $|Y_{ie}| < 0,18 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ [11].

Secondo la norma UNI 10349-1:2016 [12] non tutte le località caratterizzate da un clima subtropicale mediterraneo presentano un valore di irradianza solare globale sul piano orizzontale superiore a 290 W m^{-2} (un elenco parziale è riportato in Tabella 1). In molti casi quindi non si applica la predetta verifica. Non sussistendo un requisito legislativo, i valori di trasmittanza termica di riferimento sono indipendenti dalle caratteristiche costruttive dei componenti edilizi e quindi dal valore di massa superficiale o trasmittanza termica periodica ad essi associato.

CASI STUDIO

L'analisi condotta riguarda tre casi studio di diverse tipologie edilizie e destinazione d'uso: due edifici residenziali (abitazione monofamiliare e condominio) e un edificio ad uso ufficio, localizzati a Milano (2404 GG, zona climatica E) e a Palermo (751 GG, zona climatica B). Gli edifici selezionati, presentati in Tabella 2, sono rappresentativi del parco edilizio nazionale per le rispettive tipologie edilizie, secondo il progetto di ricerca TABULA [13] ed uno studio ENEA [14], e consentono di effettuare lo studio per diversi rapporti di forma e differenti profili di occupazione.

I valori di trasmittanza termica dei componenti edilizi sono quelli definiti dal D.M. 26/06/2015 per l'edificio di riferimento, variano in funzione della zona climatica e secondo i due periodi temporali di applicazione, dal 2015 al 2020 e dal 2021 in avanti. Per ciascun componente edilizio lo spessore dell'isolamento termico è tale da rispettare i valori di trasmittanza termica indicati nel decreto includendo l'effetto dei ponti termici.

Nonostante non esista un requisito legislativo connesso all'inerzia termica dell'edificio per le località considerate, sono state approfondite due soluzioni di involucro opaco caratterizzate, per ciascun livello di isolamento termico, da differente massa superficiale e trasmittanza termica periodica. Le soluzioni utilizzate nello studio prevedono, per ciascun componente edilizio, la posizione dell'isolante termico sia sulla faccia interna sia su quella esterna del componente.

A ciascuna configurazione di involucro sono state associate due

TABELLA 1 - Irradianza solare globale mensile sul piano orizzontale di alcune località per il mese di massima insolazione (Fonte UNI 10349-1)








Località	Agrigento (AG)	Jerzu (OG)	Palermo (PA)	Reggio Calabria (RC)	Siracusa (SR)	Iglesias (CI)	Decimomannu (CA)	Nocera Inferiore (NA)	Taranto (TA)	Mesagne (BR)	Luras (OT)	Otranto (LE)	Sassari (SS)	Samassi (VS)	Vibo Valentia (VV)	Nuoro (NU)	Teramo (TE)	Forlì del Sannio (IS)	Villa Fastigi (PU)
Altitudine [m]	230	13	14	31	17	111	6	17	15	13	15	49	225	135	476	549	432	423	11
Zona climatica	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D
$I_{max} [\text{W m}^{-2}]$	286	271	285	289	289	268	263	283	268	267	280	287	276	269	249	265	282	284	289
Mese	Lug	Giu	Lug	Giu	Giu	Giu	Giu	Giu	Giu	Giu	Lug	Lug	Giu	Lug	Lug	Lug	Lug	Lug	Giu

TABELLA 2 - Principali dati geometrici dei casi studio

Caso studio	V_g [m ³]	V_n [m ³]	A_f [m ²]	A_{env} [m ²]	A_w [m ²]	A_{env}/V_g [m ⁻¹]	WWR [-]
Villa monofamiliare ad uso residenziale (VMR)	584	486	162	424	20,3	0,73	0,097
Grande condominio ad uso residenziale (GCR)	8 199	5 738	2 125	3 261	275	0,40	0,123
Edificio ad uso ufficio (UFF)	6 100	4 101	1 519	2 129	434	0,35	0,371

V_g Volume lordo, V_n Volume netto, A_f Superficie utile, A_{env}/V_g Rapporto tra la superficie disperdente e il volume lordo dell'edificio, A_w Superficie finestrata, WWR Rapporto tra superficie finestrata e la superficie disperdente verticale dell'involucro

TABELLA 3 - Proprietà termo-fisiche dell'involucro edilizio

		Grandezza [Unità di misura]	Caso studio	Palermo Zona B (751 GG)				Milano Zona E (2404 GG)			
Periodo di applicazione				2015-2020		dal 2021		2015-2020		dal 2021	
Posizione dell'isolante				INT	EST	INT	EST	INT	EST	INT	EST
	U [W m ⁻² K ⁻¹]	VMR, GCR, UFF		0,45	0,45	0,43	0,43	0,30	0,30	0,26	0,26
	κ_i [kJ m ⁻² K ⁻¹]		17,1	50,2	16,6	50,1	14,4	49,6	14,0	49,5	
	$ Y_{ie} $ [W m ⁻² K ⁻¹]		0,19	0,09	0,18	0,09	0,11	0,05	0,09	0,04	
	M_s [kg m ⁻²]		152	258	152	258	153	259	153	260	
	U [W m ⁻² K ⁻¹]	VMR, GCR		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
	κ_i [kJ m ⁻² K ⁻¹]		32,1	69,5	32,1	69,5	32,1	69,5	32,1	69,5	
	$ Y_{ie} $ [W m ⁻² K ⁻¹]		0,12	0,13	0,12	0,13	0,12	0,13	0,12	0,13	
	M_s [kg m ⁻²]		381	381	381	381	381	381	381	381	
	U [W m ⁻² K ⁻¹]	UFF		0,38	0,38	0,35	0,35	0,25	0,25	0,22	0,22
	κ_i [kJ m ⁻² K ⁻¹]		14,1	68,7	13,9	68,6	13,7	68,4	13,8	68,4	
	$ Y_{ie} $ [W m ⁻² K ⁻¹]		0,04	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	
	M_s [kg m ⁻²]		632	632	632	632	634	634	634	634	
	U [W m ⁻² K ⁻¹]	VMR		0,46	0,46	0,44	0,44	0,30	0,30	0,26	0,26
	κ_i [kJ m ⁻² K ⁻¹]		62,8	62,8	59,7	59,7	59,8	59,8	59,8	59,8	
	$ Y_{ie} $ [W m ⁻² K ⁻¹]		1,04	1,04	0,46	0,46	0,22	0,22	0,16	0,16	
	M_s [kg m ⁻²]		392	392	586	586	421	421	424	424	
	U [W m ⁻² K ⁻¹]	VMR, GCR		0,54	0,54	0,50	0,50	0,36	0,36	0,31	0,31
	κ_i [kJ m ⁻² K ⁻¹]		27,3	63,7	27,0	63,6	24,1	62,1	24,1	62,0	
	$ Y_{ie} $ [W m ⁻² K ⁻¹]		0,22	0,17	0,20	0,15	0,03	0,05	0,03	0,04	
	M_s [kg m ⁻²]		257	257	257	257	377	377	378	378	
	U [W m ⁻² K ⁻¹]	GCR, UFF		0,73	0,73	0,67	0,67	0,48	0,48	0,43	0,43
	κ_i [kJ m ⁻² K ⁻¹]		39,9	54,9	35,3	54,7	34,2	54,0	37,1	53,8	
	$ Y_{ie} $ [W m ⁻² K ⁻¹]		0,31	0,20	0,25	0,18	0,17	0,11	0,16	0,10	
	M_s [kg m ⁻²]		256	256	256	256	257	257	257	257	
	U [W m ⁻² K ⁻¹]	VMR, GCR, UFF		3,20	3,20	3,00	3,00	1,80	1,80	1,40	1,40
	$g_{gl,n}$ [-]		0,75	0,75	0,75	0,75	0,67	0,67	0,67	0,67	
	g_{gl+sh} [-] **		0,15 (e)	0,15 (e)	0,15 (e)	0,15 (e)	0,15 (e)	0,15 (e)	0,15 (e)	0,15 (e)	
			0,35 (i)	0,35 (i)	0,35 (i)	0,35 (i)	0,35 (i)	0,35 (i)	0,35 (i)	0,35 (i)	

(*) Trasmittanza termica equivalente (UNI EN ISO 13370).

(**) Le schermature solari non sono presenti nelle finestre a Nord. Sono collocate esternamente (e) o internamente (i).

tipologie di schermature solari mobili: (1) una interna con g_{gl+sh} pari a 0,35 ed (2) una esterna caratterizzata da g_{gl+sh} pari a 0,15. La Tabella 3 riassume le proprietà dei componenti edilizi nelle configurazioni analizzate.

ASSUNZIONI DI CALCOLO E SEMPLIFICAZIONI

La prestazione energetica dei casi studio è stata calcolata con il software EnergyPlus, utilizzando l'interfaccia grafica di DesignBuilder per la modellazione geometrica degli edifici. I dati climatici orari

utilizzati nella simulazione derivano dall'archivio del Comitato Termotecnico Italiano (CTI) [15]. I profili orari degli apporti termici interni e della portata d'aria per ventilazione sono stati modellati secondo la UNI/TS 11300-1 [16]. Secondo la valutazione energetica di tipo standard, che si utilizza per la verifica dei requisiti minimi prestazionali, il funzionamento dell'impianto di climatizzazione è stato considerato continuo (senza attenuazione o spegnimento) durante le stagioni di riscaldamento e raffreddamento, con temperatura interna costante fissata rispettivamente a 20 °C e 26 °C. Relativamente agli

FIGURA 1 - Risultati delle configurazioni analizzate: (a) fabbisogno energetico utile (EP_{nd}) per raffreddamento e riscaldamento; (b) Potenza termica di picco (P) per raffreddamento e riscaldamento

Caso studio	POSIZ. ISOLANT	g_{gl+sh}	U	EP_{nd} [kWh m ⁻²]		Potenza di picco [W m ⁻²]		
				Raffreddamento (C)	Riscaldamento (H)	Raffreddamento (C)	Riscaldamento (H)	
MILANO	Villa monofamiliare (VMR)	INT	0,35	2015	-15,62	46,12	-19,06	23,55
			0,15	2021	-16,53	38,13	-18,73	20,71
		EST	0,35	2015	-14,17	47,69	-17,10	23,60
			0,15	2021	-14,91	39,70	-16,73	20,77
		EST	0,35	2015	-14,88	46,24	-17,79	23,38
			0,15	2021	-15,63	38,05	-17,40	20,43
	Grande condominio (GCR)	INT	0,35	2015	-29,47	14,81	-14,64	12,11
			0,15	2021	-30,88	11,63	-14,44	10,53
		EST	0,35	2015	-27,46	16,10	-13,30	12,22
			0,15	2021	-28,69	12,84	-13,03	10,66
		EST	0,35	2015	-29,15	14,85	-13,27	12,18
			0,15	2021	-30,52	11,54	-13,77	10,35
Edificio ad uso ufficio (UFF)	INT	0,35	2015	-40,29	19,84	-22,50	18,57	
		0,15	2021	-42,72	14,97	-22,52	16,12	
	EST	0,35	2015	-37,12	21,62	-22,08	18,77	
		0,15	2021	-39,30	16,57	-22,07	16,38	
	EST	0,35	2015	-40,11	19,68	-22,42	18,23	
		0,15	2021	-42,56	14,83	-22,32	15,76	
PALERMO	Villa monofamiliare (VMR)	INT	0,35	2015	-21,66	44,33	-22,25	36,67
			0,15	2021	-22,81	38,16	-22,33	32,73
		EST	0,35	2015	-19,51	45,56	-19,65	38,53
			0,15	2021	-20,51	39,39	-19,70	33,77
		EST	0,35	2015	-20,14	45,07	-20,38	39,47
			0,15	2021	-21,26	38,89	-20,54	35,91
	Grande condominio (GCR)	INT	0,35	2015	-43,94	2,02	-18,71	8,67
			0,15	2021	-44,38	1,62	-18,46	7,99
		EST	0,35	2015	-39,56	2,52	-16,82	9,01
			0,15	2021	-39,89	2,05	-16,56	8,38
		EST	0,35	2015	-43,09	1,99	-17,86	8,12
			0,15	2021	-44,68	1,26	-17,76	6,84
Edificio ad uso ufficio (UFF)	INT	0,35	2015	-59,19	4,34	-24,54	14,26	
		0,15	2021	-60,05	3,46	-24,48	13,05	
	EST	0,35	2015	-53,12	5,28	-23,85	14,84	
		0,15	2021	-53,77	4,31	-23,81	13,68	
	EST	0,35	2015	-58,73	4,23	-24,18	13,61	
		0,15	2021	-61,77	2,37	-24,20	11,56	

apporti termici solari attraverso i componenti trasparenti, le schermature mobili sono considerate in funzione quando il valore orario di irradianza solare supera i 300 W m^{-2} .

RISULTATI E DISCUSSIONE

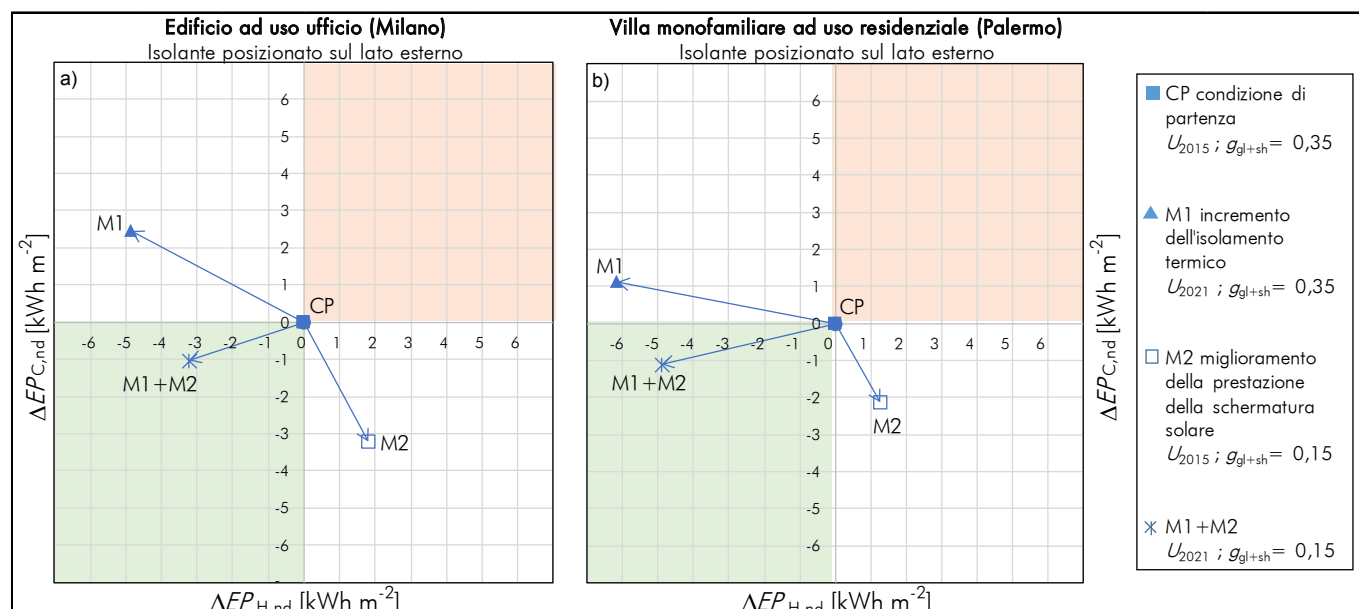
La Figura 1 mostra i valori del fabbisogno di energia termica utile (EP_{nd}) e di potenza termica di picco (P) per i casi studio analizzati. I risultati mostrano che la riduzione dei valori di trasmittanza termica dal 2015 al 2021, secondo il D.M. 26/06/2015, produce un effetto duplice ed opposto per tutti i casi studio considerati e per le configurazioni di involucro prese in esame. Da una parte si verifica una riduzione del fabbisogno di riscaldamento del fabbricato e dall'altra un aumento del fabbisogno di energia termica per la climatizzazione estiva. Lo squilibrio è più marcato nei fabbisogni di energia termica utile più che nei valori di potenza di picco.

L'incremento dell'isolamento termico dell'involucro edilizio dal livello 2015 al 2021 comporta per tutti i casi studio presi in esame un aumento del fabbisogno di energia termica utile per il raffreddamento di circa il 5-6%. Al contrario i risparmi energetici per riscaldamento sono più rilevanti, tra -13% (per l'abitazione monofamiliare a Palermo con involucro massivo e schermature performanti con $g_{gl+sh}=0,15$) e -44% (per l'edificio ad uso ufficio a Palermo con involucro massivo e $g_{gl+sh}=0,35$). L'installazione di schermature solari esterne più performanti riduce il fabbisogno di energia termica utile per il raffreddamento generalmente di circa il 10%, mentre aumenta il fabbisogno di energia termica per riscaldamento tra il 3% (per l'abitazione monofamiliare a Milano) e il 25% (per il condominio a Palermo). Si rileva inoltre che con la scelta di schermature solari più performanti la massa termica dell'edificio non ha effetti significativi sui fabbisogni energetici. Combinando l'isolamento termico dell'involucro edilizio e l'installazione di schermature solari più efficienti, si verificano ri-

sparmi energetici, sia per la climatizzazione invernale sia per quella estiva, in quasi tutti i casi analizzati, anche se la variazione del fabbisogno netto per riscaldamento (tra +1% e -28%) è meno rilevante rispetto al solo intervento di isolamento termico. Analogamente, l'effetto sul fabbisogno di raffreddamento è favorevole (tra -2% e -9% di risparmio energetico), sebbene la soluzione combinata sia meno efficace della sola installazione delle schermature solari.

La Figura 2 illustra due esempi significativi di squilibrio tra i fabbisogni di energia termica utile per riscaldamento e per raffreddamento per due tipologie edilizie, quali ad esempio l'edificio ad uso ufficio a Milano e l'abitazione monofamiliare a Palermo, entrambi isolati dall'esterno. Per ciascun caso l'origine degli assi del grafico rappresenta la condizione di partenza (CP), ossia il livello di isolamento termico che rispetta i requisiti minimi del 2015 (U_{2015}) e la presenza di schermature solari interne ($g_{gl+sh}=0,35$). Alla condizione di partenza sono state applicate tre misure di efficienza energetica: l'incremento dell'isolamento dell'involucro per rispettare i requisiti di trasmittanza termica in vigore dal 2021 (M1), l'installazione di schermature solari più performanti (M2) e la combinazione delle misure M1 e M2. La variazione dei fabbisogni energetici rispetto alla condizione di partenza dell'edificio analizzato, dovuta all'applicazione delle suddette misure, è rappresentata dalle frecce. I quattro quadranti sono così caratterizzati: il quadrante rosso racchiude le misure che comportano un incremento del fabbisogno energetico sia per riscaldamento sia per raffreddamento; il quadrante verde individua gli interventi che riducono entrambi i fabbisogni energetici (come si verifica applicando la misura M1+M2); i due quadranti bianchi rappresentano le soluzioni con un effetto divergente sui fabbisogni energetici (aumento del fabbisogno di raffreddamento e diminuzione di quello per riscaldamento come nel caso di M1, o effetto opposto come nel caso di M2). Ne consegue che per gli edifici localizzati in zone climatiche dominate

FIGURA 2 - Variazione di $EP_{H/C,nd}$ per due casi studio: edificio ad uso ufficio a Milano (a) e villa monofamiliare ad uso residenziale a Palermo (b)



dalla stagione di riscaldamento ($GG > 2100$), è preferibile aumentare l'isolamento dell'involucro edilizio piuttosto che migliorare la prestazione delle schermature solari. Infatti, come emerge chiaramente nel caso del condominio e dell'edificio ad uso ufficio situati a Milano (Figura 1), installando le schermature il fabbisogno di riscaldamento aumenterebbe molto più di quanto si ridurrebbe quello di raffrescamento.

Per quanto riguarda la potenza di picco (Figura 1), la riduzione della trasmittanza termica dei componenti edilizi determina una riduzione del carico di riscaldamento, mentre è trascurabile la variazione del carico di raffrescamento. La potenza di picco di raffrescamento diminuisce solo con l'installazione di schermature solari molto performanti. Ad esempio, la potenza si riduce di circa il 12% per l'abitazione monofamiliare sia a Milano sia a Palermo. L'inerzia termica dell'edificio influenza la variazione della potenza di picco di raffrescamento solo per i casi studio localizzati a Palermo e risulta irrilevante per quelli situati a Milano. Prendendo in considerazione entrambe le soluzioni di schermatura solare, i casi studio con isolamento termico sul lato interno dell'involucro presentano una potenza di picco di raffrescamento maggiore del 9-10% rispetto a quelli in cui i componenti opachi sono isolati esternamente. Tutte le configurazioni riguardanti gli edifici ad uso ufficio rivelano variazioni minime nella potenza di picco di raffrescamento per l'alta incidenza degli apporti interni sul fabbisogno energetico dell'edificio.

CONCLUSIONI

Nei casi studio analizzati, al ridursi della trasmittanza termica dei componenti edilizi si verifica sempre uno squilibrio tra i fabbisogni di energia termica utile per il riscaldamento e per il raffrescamento, con l'aumento del 5-6% di quest'ultimo. Per limitare il fabbisogno energetico per raffrescamento si possono efficacemente installare dei sistemi di schermatura solare ad alta prestazione. Tuttavia, per i condomini ad uso residenziale e gli edifici ad uso ufficio situati nelle zone climatiche con un elevato numero di gradi giorno ($GG > 2100$), l'intervento sull'isolamento termico dei componenti edilizi comporta benefici più rilevanti rispetto al contributo delle schermature solari. Ne consegue che attraverso l'iper-isolamento dell'involucro edilizio il fabbisogno energetico per riscaldamento si riduce in misura maggiore rispetto ai risparmi energetici per raffrescamento conseguibili con l'installazione di schermature solari performanti. Lo squilibrio tra i fabbisogni energetici per riscaldamento e per raffrescamento risulta meno evidente nei casi in cui gli apporti solari e gli apporti interni hanno una significativa incidenza sul fabbisogno energetico dell'edificio, come per gli edifici ad uso ufficio. Relativamente alla potenza termica di picco, la riduzione della trasmittanza termica ha un'influenza trascurabile sulla determinazione del carico termico di raffrescamento.

BIBLIOGRAFIA

1. Parere del Comitato economico e sociale europeo sulla "Proposta di regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia" [COM(2016) 765 final - 2016/0381 (COD)] (2017/C 246/08).
2. Decreto Ministeriale 26 giugno 2015 "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici", Gazzetta Ufficiale n. 162 del 15 luglio 2015 - Supplemento Ordinario n. 39.
3. EN ISO 52003-1, Energy performance of buildings - Indicators, requirements, ratings and certificates. Part 1: General aspects and application to the overall energy performance, 2017.
4. Pathan A, Mavrogianni A, Summerfield A, Oreszczyn T, Davies M. Monitoring summer indoor overheating in the London housing stock, *Energy and Buildings* 2017; 141:361-378.
5. Chvatal S K M, Corvacho H. The impact of increasing the building envelope insulation upon the risk of overheating in summer and an increased energy consumption. *Journal of Building Performance Simulation* 2009; 4:267-282.
6. Kossecka E, Kosny J. Influence of insulation configuration on heating and cooling loads in a continuously used building, *Energy and Buildings* 2002; 34:321-331.
7. Gregory K, Moghtaderi B, Sugo H, Page A. Effect of thermal mass on the thermal performance of various Australian residential construction systems, *Energy and Buildings* 2008; 40:459-465.
8. Balaras C A. The role of thermal mass on the cooling load of buildings: an overview of computational methods, *Energy and Buildings* 1996; 24:1-10.
9. Bojic M, Loveday D L. The influence on building thermal behavior of the insulation / masonry distribution in a three-layered construction, *Energy and Buildings* 1997; 26:153-157.
10. Corrado C, Ballarini I, Dirutigliano D, Murano G. Verification of the New Ministerial Decree about Minimum Requirements for the Energy Performance of Buildings, *Energy Procedia* 2016; 101:200-207.
11. UNI EN ISO 13786, Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo, 2008.
12. UNI 10349-1, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradiazione solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradiazione solare su di una superficie inclinata, 2016.
13. Ballarini I, Corrado V, Madonna F, Paduos S, Ravasio F. Energy refurbishment of the Italian residential building stock: energy and cost analysis through the application of the building typology, *Energy Policy* 2017; 105:148-160.
14. Margiotta F. Metodologia per la determinazione delle caratteristiche strutturali ed impiantistiche di "Edifici Tipo" del Parco Edilizio Nazionale ad uso ufficio e Valutazione del Potenziale di Risparmio energetico sulla base della fattibilità degli interventi di riqualificazione energetica. ENEA RdS/2010/197, Roma: ENEA; 2010.
15. Comitato Termotecnico Italiano (CTI), Anni climatici tipo di riferimento nazionali per applicazioni termotecniche (<http://try.cti2000.it/>, accesso: Novembre 2017).
16. UNI/TS 11300-1, Prestazioni energetiche degli edifici, Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale, 2014.